

PAT-NO: JP409050608A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09050608 A

TITLE: SPIN VALVE ELEMENT

PUBN-DATE: February 18, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NAGAI, HIDEYASU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SUMITOMO METAL IND LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07199865

APPL-DATE: August 4, 1995

INT-CL (IPC): G11B005/39

ABSTRACT:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain good soft magnetic characteristics and a high MR ratio.

**SOLUTION:** A magnetic free layer 2 essentially comprising a crystalline metal magnetic material such as Ni-Fe and Co or amorphous metal magnetic material such as Co-Zr-M (wherein M is Nb, Ta, Re or Mo) is deposited on an Si substrate 1. A nonmagnetic conductive layer 3 is formed by sputtering a material having lower electric resistance such as Cu, Au and Ag than other layers on the magnetic free layer 2. An amorphous layer 41 of Co-Zr-M (wherein M is Nb, Ta, Re or Mo) containing >90 at.% Co is formed on the nonmagnetic conductive layer 3, and further, a crystalline layer 42 comprising NiFe soft magnetic material is formed on the amorphous layer 41. Thus, the amorphous layer 41 and the crystalline layer 42 form a magnetic fixing layer 4. Further, an FeMn antiferromagnetic layer 5 is formed on the crystalline layer 42 of the magnetic fixing layer 4, and a Ta protective layer 6 is formed on the antiferromagnetic layer 5.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

DERWENT-ACC-NO: 1997-189961

DERWENT-WEEK: 199717

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Spin valve element for receiver of MR sensor - has free magnetic layer containing both amorphous and crystal material which is layered on silicon@ substrate

PATENT-ASSIGNEE: SUMITOMO METAL IND LTD[SUMQ]

PRIORITY-DATA: 1995JP-0199865 (August 4, 1995)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 09050608 A	February 18, 1997	N/A	006	<u>G11B 005/39</u>

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 09050608A	N/A	1995JP-0199865	August 4, 1995

INT-CL (IPC): G11B005/39

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 09050608A

BASIC-ABSTRACT:

The element includes an Si substrate (1) on which a free magnetic layer (2) comprising either amorphous or crystal magnetic materials such as Ni-Fe, Co or Co-Zr-M where M is Nb, Ta, Re or Mo, is formed. A non magnetic electrically conductive layer (3) containing ingredients whose electric resistance is smaller than Cu, Au or Ag, is formed on the free magnetic layer by sputtering process.

An amorphous layer (41) containing Co-Zr-M where content of Co is 90% or more, is layered over the electrically conductive layer. A crystal layer (42) containing NiFe is then formed over the amorphous layer. The crystal and amorphous layer constitutes the magnitide fixed bed (4). An antiferromagnetic layer (5) of FeMn is then formed on a crystal layer. A protection layer containing Ta, is formed on the antiferromagnetic layer.

ADVANTAGE - Obtaining high MR ratio with soft magnetic property.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/6

**TITLE-TERMS: SPIN VALVE ELEMENT RECEIVE SENSE FREE MAGNETIC LAYER CONTAIN  
AMORPHOUS CRYSTAL MATERIAL LAYER SILICON@ SUBSTRATE**

**DERWENT-CLASS: L03 T03 U12 V02**

**CPI-CODES: L03-B05M;**

**EPI-CODES: T03-A03C3; T03-A03E; U12-B01B; V02-B03;**

**SECONDARY-ACC-NO:**

**CPI Secondary Accession Numbers: C1997-060728**

**Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1997-156966**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-50608

(43) 公開日 平成9年(1997) 2月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/39

識別記号

庁内整理番号

F I

G 1 1 B 5/39

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-199865

(22) 出願日 平成7年(1995) 8月4日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 永井 秀康

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

住友金属工業株式会社内

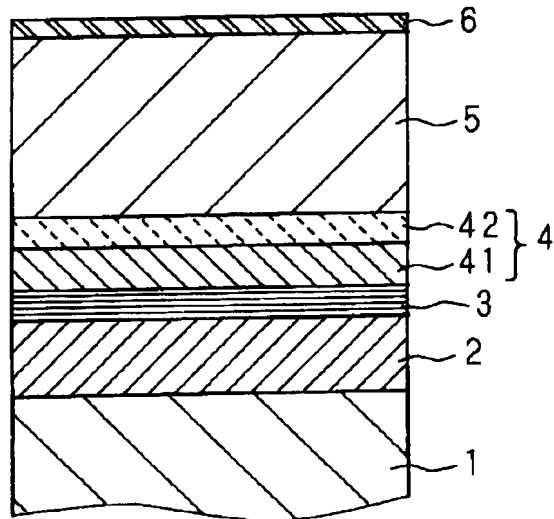
(74) 代理人 弁理士 河野 登夫

(54) 【発明の名称】 スピンバルブ素子

(57) 【要約】

【課題】 良好な軟磁気特性と共に高いMR比を得ることができるスピンバルブ素子を提供する。

【解決手段】 Si製の基板1上には主にNi-Fe、Co等の結晶質、又はCo-Zr-M (MはNb, Ta, Re又はMo)等の非晶質の金属磁性材料を積層した磁性自由層2が形成されており、該磁性自由層2上にはCu, Au又はAg等、他層より電気抵抗が小さい材料を用いた非磁性導電層3が共にスパッタリングによって形成されている。非磁性導電層3上にはCoを90原子%以上含むCo-Zr-M (MはNb, Ta, Re又はMo)の非晶質層41が積層されており、該非晶質層41上にはNi-Feの軟磁性材料を用いた結晶質層42が積層されており、非晶質層41及び結晶質層42によって磁性固定層4が形成されている。そして、磁性固定層4の結晶質層42上にはFeMnの反強磁性層5が形成されており、反強磁性層5上にはTaといった保護層6が形成されている。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に外部磁場によって磁化される第1磁性層と、非磁性導電層と、隣接する磁性層の磁化と交換結合する第2磁性層と、予め磁化されている反強磁性層とがこの順番に形成されているスピバルブ素子において、前記第2磁性層は結晶質層及び非晶質層を備え、前記反強磁性層は前記結晶質層の上に形成されていることを特徴とするスピバルブ素子。

【請求項2】 前記結晶質層はNi-Feであり、前記非晶質層はCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)であり、前記反強磁性層はFe-Mnである請求項1記載のスピバルブ素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気抵抗センサの感受部に用いられるスピバルブ素子に関する。

【0002】

【従来の技術】図5は従来のスピバルブ素子を利用した磁気抵抗（以下MRという）センサの要部を示す斜視図であり、図中11は基板である。基板11上には平断面視が矩形の2電極部17、17が互いに所定の間隙を隔てて基板11の一端から他端に向かって形成してある。両電極部17、17の一端近傍の間隙には、図中白抜き矢符で示した信号磁場Hsを検出すべく、短冊状に複数の層を積層したスピバルブ素子16が所要の素子高さhとなるように形成してあり、該スピバルブ素子16の信号磁場Hsに対向する面は基板11の一端面と面一にしてある。このスピバルブ素子16には両電極部17、17によってセンス電流Isが通流してある。

【0003】図6は図5に示したスピバルブ素子16の拡大縦断面図である。基板11上にはNi-Fe（パーマロイ）、Co、Fe又はNi等の金属磁性材料が積層されてなり、外部磁場によって磁化される磁性自由層12、Cu、Au又はAg等、他層より電気抵抗率が小さい材料を用いた非磁性導電層13、及び前述した金属磁性材料と同じ材料を用い、交換結合によってその磁化が固定された磁性固定層14がこの順に形成されている。これによって、前述したセンス電流Isの殆どは非磁性導電層13内を流れる。そして、磁性固定層14上にはFe-Mn又はNiO等が積層されてなり、後述する如く磁性固定層14の磁化方向を決定する反強磁性層15が形成されている。

【0004】反強磁性層15を構成する複数の原子層内では原子間の磁化を平行にする正の交換相互作用が働いている一方、原子層間では原子間の磁化を反平行にする負の交換相互作用が働いている。このため、反強磁性層15はその外部に磁極を形成しないが、その内部には、交互に磁化の向きが180°異なる複数の層が形成されている。なお、反強磁性層15の磁化の方向は素子高さhの方

2

向になるようにしてある。このような反強磁性層15に前述した磁性固定層14が隣接している。そして、磁性固定層14は隣接原子の磁化と交換結合するため、磁性固定層14の磁化は反強磁性層15内の磁性固定層14に隣接する原子層の磁化方向と同じ方向に固定される。

【0005】一方、磁性自由層12は前述した如く磁化された磁性固定層14とは非磁性導電層13で隔てられているため、外部磁場によって自由に磁化することができ、信号磁場Hsの向きに応じてスピバルブ素子16の素子高さhの方向に磁化される。この磁性自由層12の磁化の向きと磁性固定層14の磁化の向きとが同じであるとき、MRセンサにおける電気抵抗が小さく、磁性自由層12の磁化の向きと磁性固定層14の磁化の向きとが異なるとき、MRセンサにおける電気抵抗が大きい。このようなスピバルブ作用を備える素子は、磁場によって電気抵抗が変化するMR効果が他のMR素子より高いという優れた効果がある。そして、電極部17、17間の電圧の変化を検出することによって信号磁場Hsを電気信号として再生する。

【0006】このようなスピバルブ素子16にあっては、MR比（MR比＝ $\Delta R/R_{\min} \times 100$ ；但し、R：電気抵抗、 $R_{\min}$ ：最低電気抵抗、 $\Delta$ ：変化量）を向上させて、MRセンサの再生出力電圧を増加させるべく、磁性自由層12及び磁性固定層14の両磁性層の改良が鋭意行われている。

【0007】両磁性層12、14に用いられる代表的な磁性材料としては、Ni-Fe又はCoが挙げられる。Ni-Feは軟磁気特性に優れた材料であり、両磁性層12、14にNi-Feを用いた場合、数Oe（エルステッド）の小さな磁場でMR効果を生じるが、MR比が4％程度と比較的小さい。一方、両磁性層12、14にCoを用いた場合、MR比は8％以上と大きい、Coは軟磁気特性が悪いのでMR効果を生じるには500e以上の大きな磁場が必要であるという問題がある。

【0008】そのため、良好な軟磁気特性が必要である磁性自由層12にNi-Feを用い、磁性自由層12ほど良好な軟磁気特性が必要でない磁性固定層14にCoを用いることによって、両磁性層にNi-Feを用いた場合と同程度の磁場でMR効果を生じるが、MR比を6％程度にまで改善したスピバルブ素子が提案されている。

【0009】また、Ni-Feの磁性自由層12と非磁性導電層13との間にCoの磁性自由層12を介装させることによって、8％程度のMR比を得ると共に、MR効果を誘起するための磁場を100e以下にまで改善したスピバルブ素子も提案されている。更に、磁性自由層12としてCo系非晶質を用いたスピバルブ素子が提案されている。このスピバルブ素子にあっては、Co系非晶質としてCo-Zr-M(M=Nb, Ta, Re, Mo)を使用すると、Coの含有量を90％以上にすることができ、Coと同程度のMR比を得ることがで

きると共に、非晶質であるため良好な軟磁気特性を得ることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来のスピバルブ素子にあっては、磁気固定層にCoを用いた場合、反強磁性層との交換結合によって磁気固定層の軟磁気特性が著しく劣下し、磁気固定層の磁化の固定が不十分になり、スピバルブ素子の信頼性が低下するという問題があった。これに対して、前述した磁性自由層と同様に、Ni-Feの磁性固定層と非磁性導電層との間にCoの磁性自由層を介装させたスピバルブ素子が実用化されているが、磁性固定層の軟磁気特性は十分ではない。一方、Co系非晶質は、反強磁性層との交換結合を生じないため磁性固定層に用いることはできない。

【0011】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは磁性固定層である第2磁性層が結晶質層及び非晶質層を備え、反強磁性層を前記結晶質層上に形成することによって、良好な軟磁気特性と共に高いMR比を得ることができるスピバルブ素子を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】第1発明に係るスピバルブ素子は、基板上に外部磁場によって磁化される第1磁性層と、非磁性導電層と、隣接する磁性層の磁化と交換結合する第2磁性層と、予め磁化されている反強磁性層とがこの順番に形成されているスピバルブ素子において、前記第2磁性層は結晶質層及び非晶質層を備え、前記反強磁性層は前記結晶質層の上に形成されていることを特徴とする。

【0013】第2発明に係るスピバルブ素子は、第1発明において、前記結晶質層はNi-Feであり、前記非晶質層はCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)であり、前記反強磁性層はFe-Mnであることを特徴とする。

【0014】反強磁性層として代表的なFe-Mnには、面心立方(fcc)構造であり反強磁性を示す $\gamma$ 相と、反強磁性を示さない $\alpha$ 相との2つの結晶構造がある。そして、Fe-MnはNi-Feのようなfcc構造の下地の上に形成した場合は $\gamma$ 相であり、ガラス又は非晶質のような結晶構造を持たない下地の上に形成した場合は $\alpha$ 相になる。このように、Fe-Mnの結晶構造は下地の結晶構造によって定まる。前述した如く、Co系非晶質が反強磁性層との交換結合を生じないのは、Co系非晶質上に形成された反強磁性層の結晶構造が $\alpha$ 相になっているためである。

【0015】図2は異なる組成の磁性層上にFe-Mnの反強磁性層を形成し、磁場の強度を変化させたときの、磁性層の磁化の変化を測定したグラフであり、縦軸は磁化を、また横軸は磁場の強さをそれぞれ示している。図2中、(a)はその厚みが50Åとなるように形

成したNi-Fe結晶質の磁性層であり、(b)はその厚みが50Åとなるように形成したCo-Zr-Mo非晶質の磁性層であり、(c)はその厚みが30Åとなるように堆積したCo-Zr-Moの非晶質層上にその厚みが20Åとなるように堆積したNi-Feの結晶質層を形成した磁性層である。なお、反強磁性層はそれぞれ、その厚みが150Åとなるように形成した。

【0016】図2(a)及び(c)から明らかな如く、結晶質の下地の上に反強磁性層を形成した場合、磁性層の磁化は交換結合によって反強磁性層の磁化に固定されるため、外部磁場による磁性層の磁化の変化は磁場の強度0からずれた位置で生じている。一方、図2(b)から明らかな如く、非晶質の下地の上に反強磁性層を形成した場合、磁性層は反強磁性層の磁化と交換結合していないため、外部磁場による磁性層の磁化の変化は磁場の強度0の位置で生じている。

【0017】本発明に係るスピバルブ素子にあっては、磁化固定層である第2磁性層は結晶質層及び非晶質層を備え、反強磁性層は前記結晶質層の上に形成されているため、結晶質層の上に形成される反強磁性層のFe-Mnは $\gamma$ 相となり、図2(b)の如く、第2磁性層の交換結合を誘起することができる。

【0018】一方、結晶質層と非晶質層とはお互い磁氣的に強く結合して1つの磁性層として振る舞い、1つの磁気特性を示す。ここで、結晶質層としてNi-Feを、また、非晶質層としてCo系非晶質を用いた場合、お互いに良好な軟磁気特性を示すため、磁気特性は劣下せず、反強磁性層との交換結合による磁化は十分に固定される。また、Co系非晶質であるCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)にあっては、Coを90原子%以上にすることができるため、高いMR比を得られる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施例の形態を図面に基づいて具体的に説明する。図1は本発明に係るスピバルブ素子の模式的断面図である。Si製の基板1上には主にNi-Fe(パーマロイ)、Co等の結晶質、又はCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)等の非晶質の金属磁性材料を堆積した磁性自由層2が形成されており、該磁性自由層2上にはCu, Au又はAg等、他層より電気抵抗率が小さい材料を用いた非磁性導電層3と共にスパッタリングによって形成されている。

【0020】非磁性導電層3上にはCoを90原子%以上含むCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)の非晶質層41が堆積されており、該非晶質層41上にはNi-Feの軟磁性材料を用いた結晶質層42が堆積されており、非晶質層41及び結晶質層42によって磁性固定層4が形成されている。そして、磁性固定層4の結晶質層42上にはFe-Mnの反強磁性層5が形成されており、反

5

強磁性層5上にはTaといった保護層6が形成されている。

【0021】このように、反強磁性層5はfcc構造である結晶質層42を下地として形成されているため、反強磁性層5もfcc構造となり、磁性固定層4の交換結合を誘起して該磁性固定層4の磁化を固定する。また、Co-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)の非晶質層41、及びNiFeの結晶質層42は磁氣的に強く結合して良好な軟磁気特性を示す。一方、Co-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)の非晶質層41はCo

【0022】

【実施例】次に比較試験を実施した結果について説明する。比較試験は4プローブ法によってMR比及び電気抵抗変化磁場を測定することによって行った。

【0023】図4は4プローブ法の実施態様を示す模式図であり、図中10は試料である。試料10はその磁性固定層の磁化方向が矢符方向となるようにセットしてある。試料10上には4つのプローブ33, 34, 35, 36が前述した磁化方向と直交する方向に所定間隔を隔てて一列に配置

表 1

6

\*してあり、各プローブ33, 34, 35, 36の下端は試料10の表面に接触してある。外側の2つのプローブ33, 34には直流電源32から1mAのセンス電流が通流してあり、内側の2つのプローブ35, 36は外側のプローブ33, 34間の電圧を測定すべく電圧計31に接続してある。そして、図中白抜き矢符で示した如く、磁性固定層の磁化方向と同じ方向の外部磁場を試料に印加し、印加した外部磁場を掃引させたときの外側のプローブ33, 34間の電圧の変化から次の(1)式に基づいてMR比を算出した。

$$MR比 = \Delta R / R_{min} \times 100 \quad \cdots (1)$$

但し、R：電気抵抗

$R_{min}$ ：最低電気抵抗

$\Delta$ ：変化量

【0024】また、定電流における電圧の変化、即ち外側のプローブ33, 34間の電気抵抗が変化するときの外部磁場の強さを電気抵抗変化磁場(Oe)とし、図3に示した如く、電気抵抗変化磁場も比較した。

【0025】比較結果を次の表1に示す。

【0026】

【表1】

	MR比 (%)	電気抵抗変化磁場 (Oe)
本発明例		
1	7.4~7.6	2 ~ 3
2	7.4~7.6	2 ~ 3
3	7.4~7.6	2 ~ 3
4	7.4~7.6	2 ~ 3
従来例		
1	3.6~3.8	2 ~ 3
2	7.6~8.0	30 ~ 50

【0027】表1において、本発明例のスピバルブ素子は、基板上に磁性自由層としてCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)をその厚みが60Åとなるように堆積し、その上に非磁性導電層としてCuをその厚みが20Åとなるように堆積した。そして、磁性固定層の非晶質層としてCo-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)をその厚みが30Åとなるように堆積した後、結晶質層としてNi<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>(Ni-80原子%, Fe-20原子%の合金)を20Åとなるように堆積した。磁性自由層及び磁性固定層の非晶質層における

※Co-Zr-M(MはNb, Ta, Re又はMo)の詳細は、本発明例1ではCo<sub>90</sub>Zr<sub>8</sub>Nb<sub>7</sub>であり、本発明例2ではCo<sub>90</sub>Zr<sub>3</sub>Ta<sub>7</sub>であり、本発明例3ではCo<sub>90</sub>Zr<sub>8</sub>Re<sub>2</sub>であり、本発明例4ではCo<sub>90</sub>Zr<sub>3.5</sub>Mo<sub>6.5</sub>である。この結晶質層の上に反強磁性層としてFe<sub>50</sub>Mn<sub>50</sub>をその厚みが150Åとなるように堆積し、保護層としてTaを15Åとなるように堆積した。なお、スピバルブ素子の製造中、基板1に平行に400Oeの平行磁場を印加しており、この方向に磁性固定層の磁化が固定されている。

【0028】一方、従来例のスピンバルブ素子は、Si製の基板上に磁性自由層、Cuの非磁性導電層、磁性固定層及び $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ の反強磁性層、Taの保護層をこの順に、その厚みが各々60Å、20Å、50Å、150Å、15Åとなるように積層させており、磁性自由層及び磁性固定層には従来例1では $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を、また従来例2ではCoを用いた。

【0029】表1から明らかな如く、本発明例1～4では何れの場合でもMR比が7.4～7.6と、磁性自由層及び磁性固定層にCoを用いた従来例2のMR比7.6～8.0と略同じであり、高いMR比が実現されている。また、本発明例1～4では何れの場合でも電気抵抗変化磁場は2～3Oeであり、良好な軟磁気特性を示すNi-Feを用いた従来例1の電気抵抗変化磁場と同じであり、小さな信号磁場でMR効果を奏することが分かる。一方、従来例1は電気抵抗変化磁場は小さいものの、MR比は3.6～3.8と本発明例1～4の7.4～7.6に比べて略1/2である。また、従来例2はMR比は高いものの、電気抵抗変化磁場は30～500eと本発明例1～4の2～3Oeの十数倍も大きいものであった。

【0030】

【発明の効果】以上詳述した如く、本発明に係るスピンバルブ素子にあっては、良好な軟磁気特性と共に高いM

R比を得ることができるため、小さな信号磁場によって高い再生出力電圧を発生することができる等、本発明は優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るスピンバルブ素子の模式的断面図である。

【図2】異なる組成の磁性固定層上にFe-Mnの反強磁性層を形成し、磁場の強度を変化させたときの、磁性固定層の磁化の変化を測定したグラフである。

【図3】電気抵抗変化磁場を説明するグラフである。

【図4】4プローブ法の実施態様を示す模式図である。

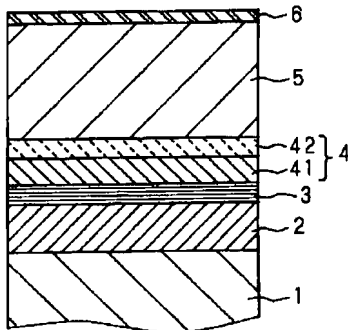
【図5】従来のスピンバルブ素子を利用した磁気抵抗センサの要部を示す斜視図である。

【図6】図5に示したスピンバルブ素子の拡大縦断面図である。

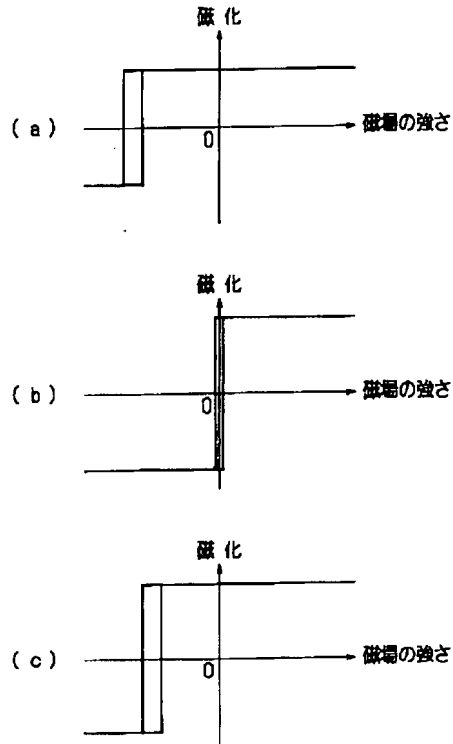
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 磁性自由層
- 3 非磁性導電層
- 4 磁性固定層
- 5 反強磁性層
- 41 非晶質層
- 42 結晶質層

【図1】

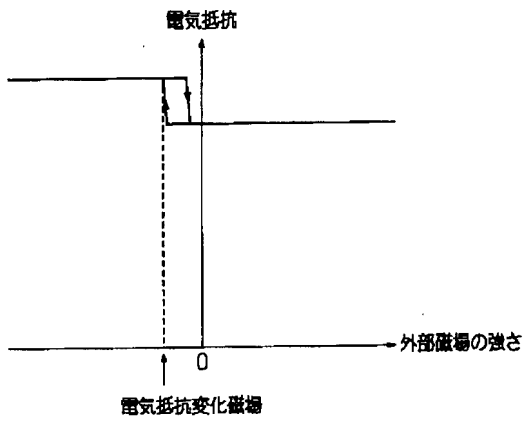


【図2】

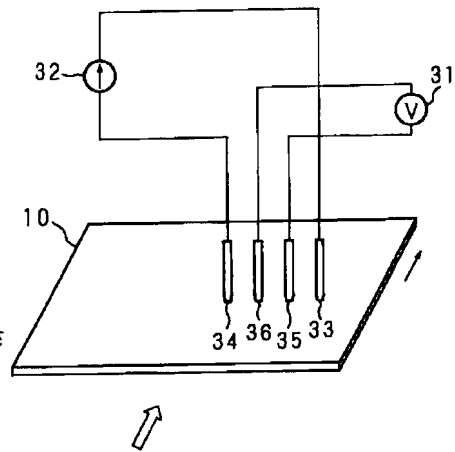




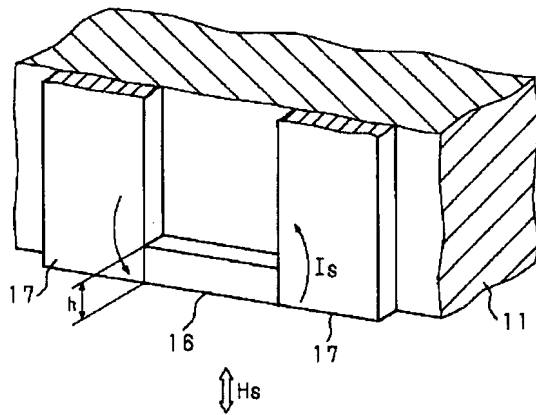
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

